

Studi Hubungan Nilai *Uniaxial Compressive Strength* dan Nilai *Schmidt Hammer* Batulempung pada Formasi Balikpapan dan Kampungbaru Daerah Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

Amarullah ^{1*}, Albertus Juvensius Pontus ², Shalah Dina Devy ³,
Revia Oktaviani ⁴, Tommy Trides ⁵, Rety Winonazada ⁶

¹⁻⁶ Universitas Mulawarman, Indonesia

Korespondensi penulis : amarullah.ixf.14@gmail.com

Abstract. *Compressive strength is one of the mechanical properties of rock behavior. This study focuses on the Balikpapan and Kampungbaru Formations located in the Kutai Kartanegara area, East Kalimantan. The Schmidt Hammer testing method was applied due to the lack of previous studies utilizing this tool to evaluate rock hardness in correlation with compressive strength. The research site is situated in the Kutai Kartanegara area, specifically in the districts of Muara Badak, Muara Jawa, and Sanga-Sanga. Field observations revealed the presence of claystone slopes at predetermined locations. Based on the test results, the uniaxial compressive strength (UCS) values for the Balikpapan Formation range from 3.453 MPa to 5.454 MPa, while the Kampungbaru Formation ranges from 3.317 MPa to 8.571 MPa. The Schmidt Hammer rebound number (RN) values for the Balikpapan Formation range from 17 to 19.6, and for the Kampungbaru Formation from 15 to 23.7. A negative correlation was found between the rebound number and UCS, where higher RN values tend to correspond with lower UCS values. This is supported by the linear regression analysis showing a negative coefficient (-0.450).*

Keywords: *Rebound Number, UCS, Balikpapan Formation, Kampungbaru Formation.*

Abstrak. Kuat tekan merupakan salah satu sifat mekanik dari suatu perilaku batuan. Pengujian ini difokuskan pada Formasi Balikpapan dan Kampungbaru di daerah Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. Oleh karena itu metode pengujian schmidt hammer ini dilakukan karena kurangnya penelitian melakukan pengujian kekerasan batuan dengan alat tersebut yang dikorelasikan dengan kuat tekan. Lokasi penelitian ini berada di daerah Kutai Kartanegara yang terletak di Kecamatan Muara Badak, Muara Jawa, dan Sanga - Sanga. Setelah dilakukan pengamatan pada lokasi penelitian tersebut, ditemukan lereng batuan lempung di lokasi yang sudah ditentukan. Setelah melakukan penelitian maka diperoleh hasil data dari kuat tekan pada Formasi Balikpapan dengan nilai 3,453 Mpa – 5,454 Mpa, sedangkan pada Formasi Kampungbaru didapatkan nilai 3,317 Mpa – 8,571 Mpa. Sedangkan pada Rebound number pada Formasi Balikpapan didapatkan nilai 17 – 19,6 dan Formasi Kampungbaru adalah 15 – 23,7. Dan terdapat hubungan negatif antara Rebound Number dan UCS, semakin tinggi nilai Rebound Number maka nilai UCS cenderung menurun sesuai hasil dari regresi linear yang menunjukkan koefisien negatif (-0.450).

Kata Kunci : Rebound Number, UCS, Formasi Balikpapan, Formasi Kampungbaru.

1. LATAR BELAKANG

Sifat fisik dan mekanik batuan untuk kebutuhan rekayasa sangat diperlukan dalam setiap pekerjaan sipil/konstruksi, pertambangan dan kebutuhan rekayasa lainnya. Hasil uji kuat tekan (*Uniaxial Compressive Strength*) sangat diperlukan dalam berbagai analisis atau rekayasa geoteknik.

Kuat tekan batuan utuh (*Compressive Strength*) merupakan salah satu sifat mekanik dari suatu perilaku batuan. Kuat tekan batuan utuh menunjukkan kekuatan batuan untuk bertahan sampai batuan tersebut mengalami *failure* terhadap gaya yang diterimanya. Pengujian ini difokuskan pada Formasi Balikpapan dan Kampungbaru di daerah Kutai Kartanegara Kalimantan

Timur, di mana pada Formasi Balikpapan terdiri dari litologi berupa perselingan antara graywacke dengan batupasir kuarsa dengan sisipan batugamping, batulempung, batubara dan tuff dasit.. Sedangkan Formasi Kampungbaru terdiri atas batupasir kuarsa dengan sisipan lempung, serpih, lanau dan lignit pada umumnya lunak, mudah hancur. Jadi di kedua formasi tersebut terdapat batulempung, sehingga penelitian ini menggunakan sampel batulempung. Ernst Schmidt pertama kali mengembangkan metode praktis dari rebound test hammer di akhir tahun 1940. Prinsip kerja dari alat *schmidt hammer* tersebut yaitu merupakan penguji dari kekerasan suatu permukaan, yang menghubungkan antara kekuatan dari suatu beton dengan nilai dari pantulan suatu palu. (Goudie, 2006).

Oleh karena itu, pengujian *Schmidt Hammer* merupakan indeks kekuatan batuan sebagai alternatif untuk mengetahui nilai kekuatan batuan secara sederhana dan cepat.

2. KAJIAN TEORITIS

Defenisi Batuan

Batuan adalah kombinasi alami dari dua atau lebih mineral. Sifat batuan akan berubah sesuai dengan komposisi mineralnya. Sebagai contoh :granit berisi kuarsa, felspar, dan mika; tetapi ketiadaan salah satu saja dari unsur tersebut akan menghasilkan jenis batu yang berbeda. Menurut (Sofanhadi,2013) tekstur dari batuan akan memperlihatkan karakteristik komponen penyusunnya, sedangkan struktur batuan akan memperlihatkan proses pembentukannya baik dekat atau jauh dari permukaan. Adapun batuan yang berada di daerah penelitian adalah batuan sedimen. Batuan sedimen terbentuk melalui serangkaian proses kompleks yang dimulai dengan pelapukan, disintegrasi fisik dan dekomposisi kimia batuan tua menjadi menghasilkan residu partikulat padat (mineral dan fragmen batuan) dan zat kimia terlarut. Beberapa produk padat pelapukan dapat terakumulasi in situ untuk membentuk tanah yang dapat terawetkan dalam catatan geologi (paleosol) (Sam, 2014).

Formasi Balikpapan

Formasi ini terdiri dari litologi berupa perselingan antara graywacke dengan batupasir kuarsa dengan sisipan batugamping, batulempung, batubara dan tuff dasit. Batupasir graywacke, kelabu kehijauan, padat, tebal lapisan antara 50 – 100 cm. Batupasir kuarsa, kelabu kemerahan, setempat tufan dan gampingan, tebal lapisan antara 15 – 60 cm. Batugamping, coklat muda kekuningan, batugamping ini terdapat sebagai sisipan dan lensa dalam batupasir kuarsa, tebal lapisan 10 – 40 cm. Batulempung, kelabu kehitaman, tebal lapisan 1 – 2 cm. Setempat berselingan

dengan batubara, tebal ada yang mencapai 4 m (Supriatna dkk, 1995).

Uji Sifat Fisik Batuan

Pengujian sifat fisik mengacu pada *International Soecity for Rock Mechanics and Rock Engineering (ISRM) Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption, and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties* – 1977. Sampel untuk uji sifat fisik bentuknya tidak beraturan karena volumenya diprediksi menggunakan hukum Archimedes tentang daya apung air, sampel dimasukkan ke dalam cawan berdiameter 5 cm.

Kuat Tekan Uniaksial

Kuat tekan uniaksial adalah gambaran dari nilai tegangan maksimum yang dapat ditanggung sebuah contoh batuan sesaat sebelum contoh tersebut hancur (*failure*) tanpa adanya pengaruh dari tegangan pemampatan (tegangan pemanpatan sama dengan nol). Untuk perhitungan kuat tekan uniaksial dapat dilihat pada persamaan 2.1 (Rai dkk., 2014).

Schmidt Hammer

Schmidt hammer atau palu *Schmidt* dikembangkan di akhir tahun 1940-an sebagai indeks peralatan untuk pengujian *non-destruktif* dari beton insitu (pengujian di lapangan) telah digunakan dalam praktik mekanika batuan sejak awal 1960-an, terutama untuk memperkirakan kekuatan tekan uniaksial (UCS) dan modulus Young (E_t) dari material batuan (Aydin & Basu, 2005).

Jenis Schmidt hammer

Schmidt hammer terdiri dari 2 jenis yaitu tipe L dan tipe N yang diperlihatkan pada Gambar 2.3. Jenis Schmidt hammer masing-masing memiliki energi dampak yang berbeda, nilai energi dampak untuk Schmidt hammer jenis L adalah 0,735 Nm sedangkan palu jenis N memiliki energi dampak 2,207 Nm (Aydin, 2008). Goudie (2006) memberikan penjelasan bahwa ahli geomorfologi lebih banyak menggunakan Schmidt hammer jenis N. Tipe N dapat memberikan data pada berbagai jenis batuan dari lemah sampai dengan sangat kuat dengan kekuatan tekan yang berkisar dari 20–250 MPa.

3. METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Adapun jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian yang memakai teori-teori ilmiah yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu serta mengetahui hubungan empiris antara hasil penelitian terdahulu dengan penelitian yang sekarang, Jenis penelitian ini, merupakan

jenis penelitian evaluasi yang bertujuan untuk mencari, menghitung, menganalisis, dan memberikan solusi berupa evaluasi agar tercapai hal-hal yang semestinya atau sesuai dengan standar yang berlaku.

Penyusunan Tugas Akhir ini, penulis melakukan pengamatan dari teori dan keadaan aktual atau keadaan nyata di lapangan yang telah didapatkan dari data primer dengan cara memperhatikan dan mengamati secara langsung objek penelitian di lapangan, dan data sekunder yang bersumber dari jurnal atau penelitian sebelumnya, buku, dan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI). Sehingga, data tersebut akan digabungkan untuk mendapatkan pendekatan masalah yang lebih baik.

Tahap Penelitian

Metode yang digunakan dalam penulisan yaitu dengan pendekatan masalah yang berupa pengambilan bahan, baik berupa dasar teori maupun data-data objek yang diamati secara langsung di lapangan. Sehingga dilakukan dalam beberapa tahapan yang meliputi tahap pra lapangan, tahap lapangan, dan tahap pasca lapangan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Sifat Fisik

Studi ini mencakup analisis pada ciri fisik sampel batulempung, uji yang dilaksanakan berfokus guna mendapatkan nilai berat normal (W_n), berat jenuh (W_w), berat sampel tergantung didalam air (W_s), dan berat kering (W_o). Nilai rata – rata kadar air, densitas, dan porositas yang diperoleh dari pengolahan data hasil pengujian disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Nilai kadar air, Densitas dan Porositas

Peneliti	Lokasi	Kadar Air (%)	Porositas (%)	Densitas (gr/cm ³)	Kode Sampel
Amar	Jl. Kw., Jawa, Kec Sanga - Sanga, Kabupaten Kutai Kartanegara	12,93	35,49	1,79	BP1
Amar	Salo Palai, Kec Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara	14,40	61,07	1,20	BP2
Amar	Tamapole, Kec Muara Jawa, Kabupaten Kutai Kartanegara	12,93	35,49	1,79	KB1
Amar	Tanah Datar, Kec Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara.	12,45	35,47	1,75	KB2
Silalahi	Jln. Kadrie Oening SMA 1	13,03	53,24	1,09	PB 1

Silalahi	Jln. Ringroad 1	12,91	52,46	1,14	PB 2
Silalahi	Jln. Ringroad 2	12,69	51,42	1,15	PB 3
Silalahi	Jln. Hj. Mastuang	12,19	49,13	1,22	BP3
Silalahi	Jln. Padat Karya	11,98	48,04	1,23	BP4
Silalahi	Jln. Gunung Lingai	11,44	47,71	1,23	BP5

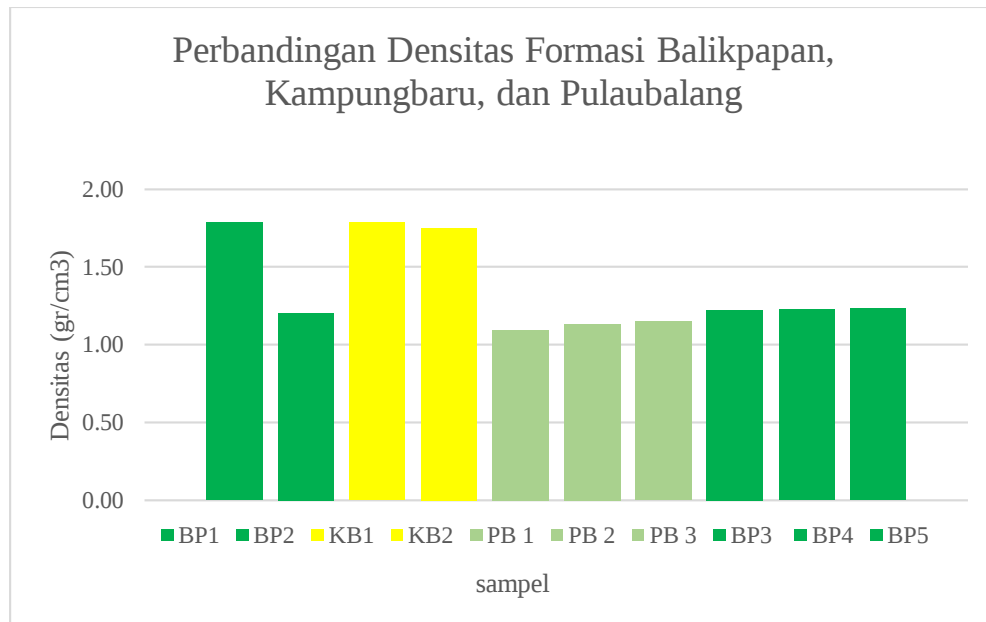
Tabel 1. menyajikan *output* analisis uji sifat fisik, yang meliputi parameter seperti densitas, kadar air, dan porositas. Densitas mengacu pada kepadatan material; kenaikan angka densitas mengindikasikan peningkatan kepadatan material. Berdasarkan data pada Tabel 4.2, nilai densitas sampel batulempung dari Formasi Pulaubalang tercatat lebih rendah, yakni sebesar 1,09 gr/cm³ dan nilai densitas sampel batulempung dari Formasi Balikpapan dan Kampungbaru tercatat lebih tinggi dengan nilai yang sama, yakni sebesar 1,79 gr/cm³.

Porositas merujuk pada bagian ruang atau rongga kecil yang terletak di sampel batuan. Berdasarkan data pada Tabel 1., nilai porositas sampel batulempung dari Formasi Balikpapan lebih besar, yakni sebesar 61.07%, dan nilai porositas sampel batulempung dari Formasi Kampungbaru paling kecil, yakni sebesar 35,47%.

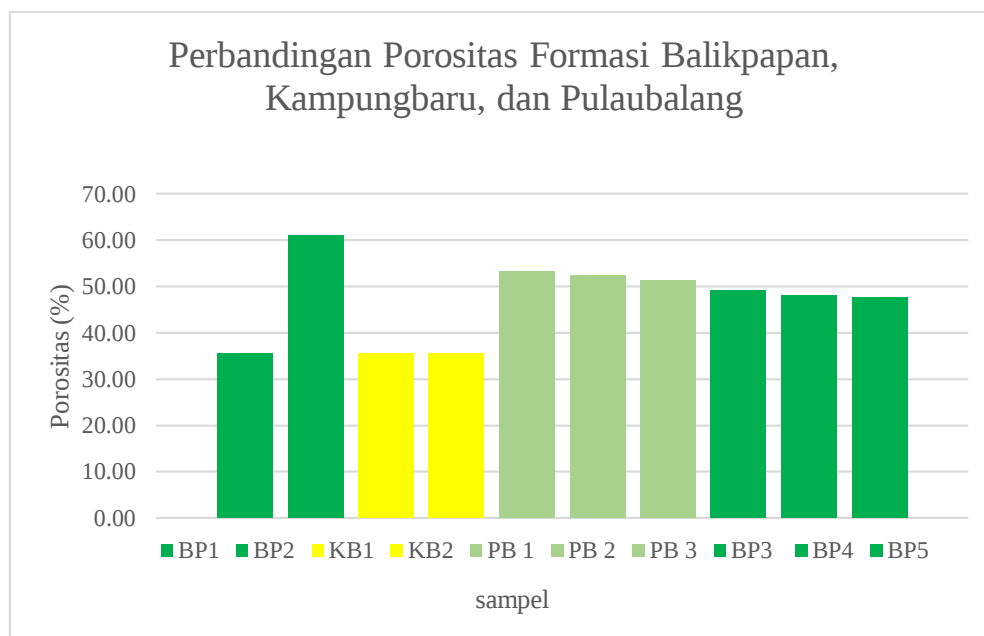
Kadar air merujuk pada jumlah air yang dapat diserap ke dalam pori-pori sampel batulempung. Mengacu pada Tabel 1., presentase air batulempung dari Formasi Balikpapan menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan Formasi Kampungbaru dan Formasi Pulaubalang. Sampel batulempung dari Formasi Balikpapan memiliki kadar air sebesar 14,40%.

Nilai densitas, porositas, dan presentase air mempunyai dampak utama pada tingkat kekerasan batuan. Mengacu pada Tabel 1., didapat kesimpulan yakni batulempung dari Formasi Balikpapan memiliki tingkat kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan batulempung dari Formasi Kampungbaru dan Formasi Pulaubalang.

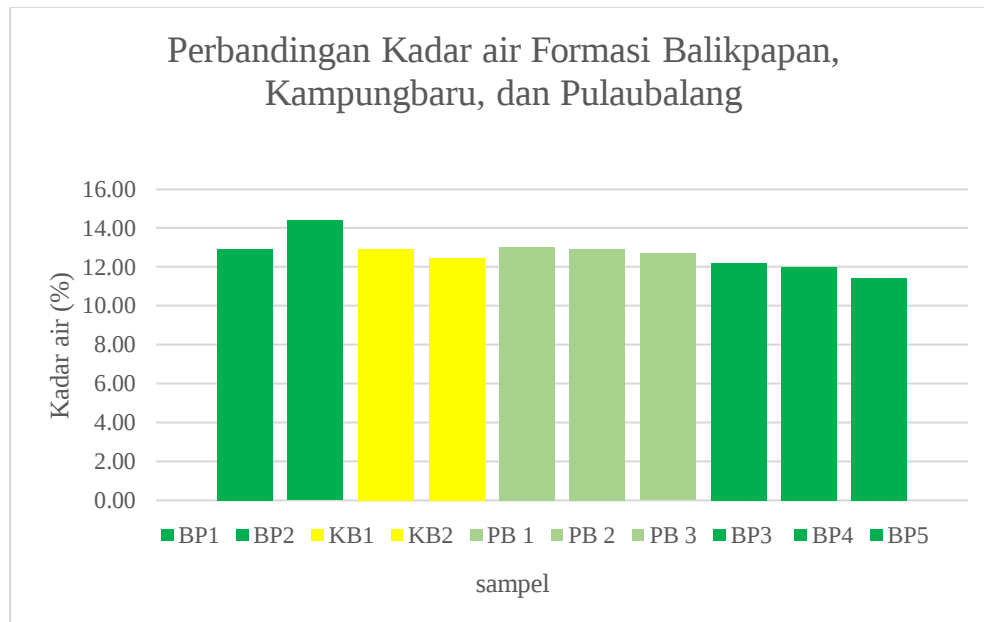
Perbandingan nilai densitas, porositas, dan kadar air ditampilkan sebagai berikut.



Gambar 1. Perbandingan Densitas Batulempung Formasi Balikpapan, Kampungbaru, dan Pulaubalang



Gambar 2. Perbandingan Porositas Batulempung Formasi Balikpapan, Kampungbaru, dan Pulaubalang.



**Gambar 3. Perbandingan Kadar Air Batulempung Formasi Balikpapan,
Kampungbaru, dan Pulaubalang.**

Rebound Number & UCS Batulempung

**Tabel 2. Hasil uji *Rebound Number* dan UCS Batulempung Formasi
Balikpapan, Kampungbaru, dan Pulaubalang.**

NO	Sampel	Rebound Number	Kuat Tekan (Mpa)	Rata - Rata RN	Rata - Rata Kuat Tekan (Mpa)	Kode Sampel
1	BP1 S1	19,4	5,45	19,4	5,19	BP1
2	BP1 S2	19,6	5,45			
3	BP1 S3	19,2	4,68			
4	BP2 S1	17,1	3,92	17,2	3,80	BP2
5	BP2 S2	17,5	3,45			
6	BP2 S3	17	4,02			
7	KB1 S1	16,8	4,55	16,3	3,73	KB1
8	KB1 S2	17	3,33			
9	KB1 S3	15	3,32			
10	KB2 S1	23,7	8,57	23,4	8,05	KB2
11	KB2 S2	23,1	8,57			
12	KB2 S3	23,4	7,01			
13	PB1 S1	10,92	1,03	11,17	1,19	PB1
14	PB1 S2	11,17	1,24			

15	PB1 S3	11,25	1,24			
16	PB1 S4	11,33	1,24			
17	PB2 S1	10,92	1,03	11,21	1,29	PB2
18	PB2 S2	11,17	1,24			
19	PB2 S3	11,33	1,45			
20	PB2 S4	11,42	1,45			
21	PB3 S1	11,50	1,45	11,88	1,50	PB3
22	PB3 S2	11,75	1,45			
23	PB3 S3	11,83	1,45			
24	PB3 S4	12,42	1,65			
25	BP3 S1	10,25	0,62	10,42	0,77	BP3
26	BP3 S2	10,42	0,83			
27	BP3 S3	10,50	0,83			
28	BP3 S4	10,50	0,83			
29	BP4 S1	10,33	0,83	10,44	0,83	BP4
30	BP4 S2	10,42	0,83			
31	BP4 S3	10,50	0,83			
32	BP4 S4	10,50	0,83			
33	BP5 S1	10,58	1,03	10,71	1,03	BP5
34	BP5 S2	10,67	1,03			
35	BP5 S3	10,75	1,03			
36	BP5 S4	10,83	1,03			

Rebound Number Batulempung

Nilai *Rebound Number* digunakan guna memperkirakan kekuatan suatu batuan. Nilai ini diperoleh dengan menekan alat *Schmidt Hammer* pada permukaan sampel uji. Pengujian *Rebound Number* diterapkan dalam dua formasi tak sama, yakni Formasi Balikpapan dan Formasi Kampungbaru. Setiap formasi memiliki empat titik lokasi pengujian, dengan tiga sampel uji diambil dari masing-masing titik lokasi. Setiap sampel uji menerima 10 kali penekanan di titik-titik yang sudah dipilih. *Output* pengujian ini kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai akhir.



Gambar 4. Pengambilan Data *Rebound Number* Formasi Balikpapan Lokasi 1



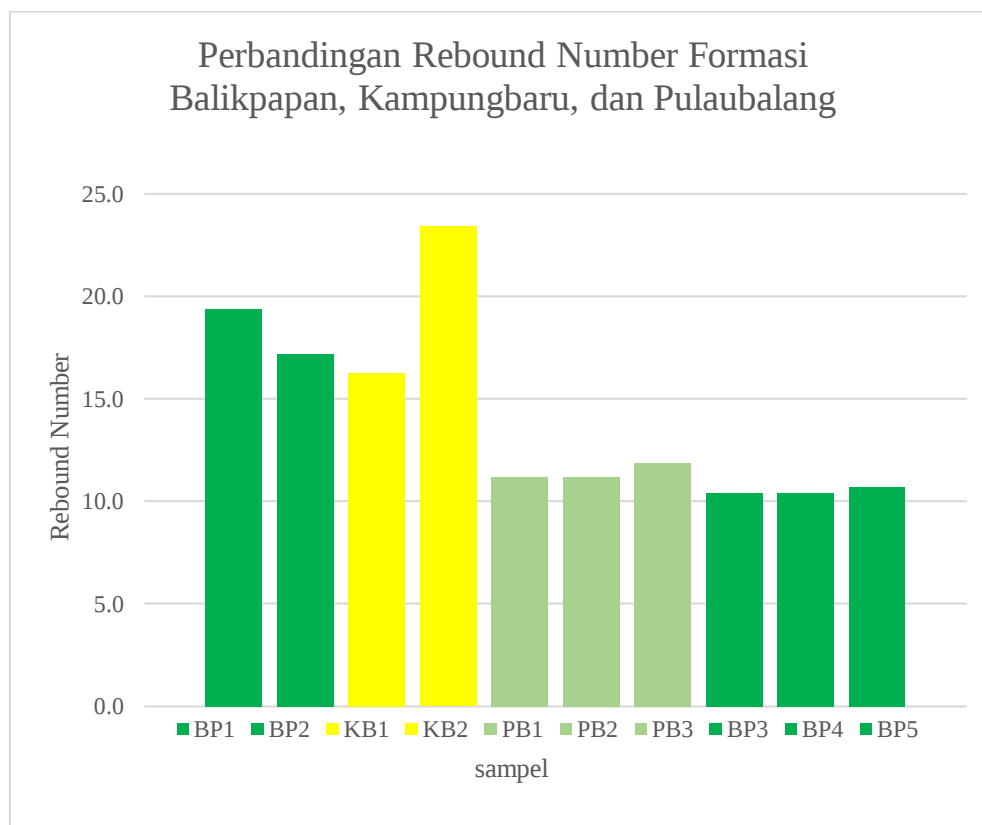
Gambar 5. Pengambilan Data *Rebound Number* Formasi Balikpapan Lokasi 2



Gambar 6. Pengambilan Data *Rebound Number* Formasi Kampungbaru Lokasi 1



Gambar 7. Pengambilan Data *Rebound Number* Formasi Kampungbaru Lokasi 2



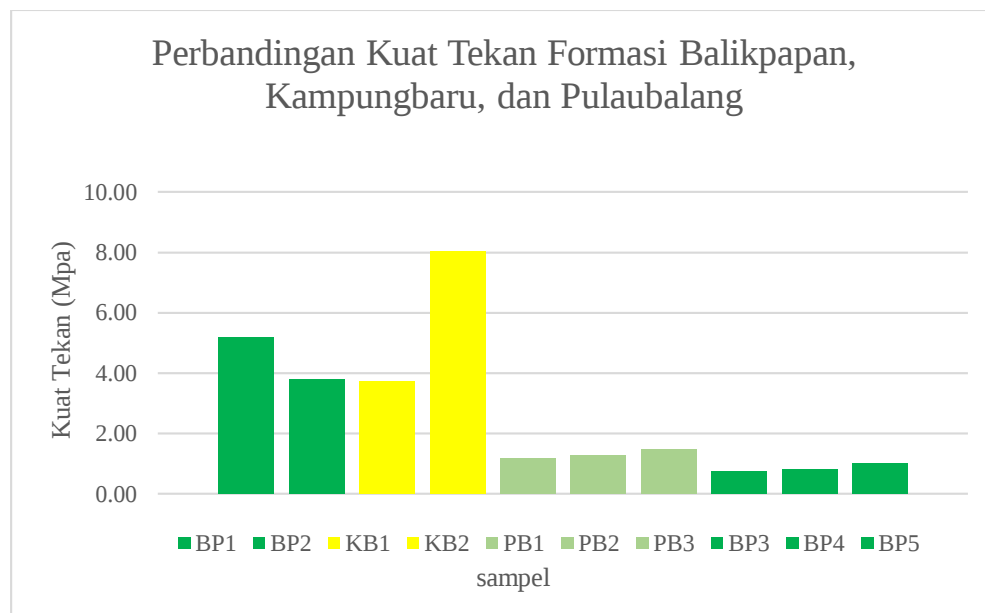
Gambar 8. Grafik *Rebound Number* Formasi Balikpapan, Kampungbaru, dan Pulaubalang

Berdasarkan pemaparan grafik tersebut, nilai *Rebound Number* yang diperoleh dari Formasi Pulaubalang tidak setinggi Formasi Balikpapan dan Kampungbaru. Nilai rata-rata *Rebound Number* pada Formasi Pulaubalang berkisar antara 11,17 hingga 11,88. Dari hasil pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa tingkat kekuatan sampel batulempung dari Formasi Pulaubalang lebih rendah dibandingkan dengan sampel batulempung dari Formasi Balikpapan dan Kampungbaru.

UCS Batulempung

Pengujian kuat tekan diterapkan dengan memanfaatkan 12 sampel yang diambil dari 4 titik lokasi pada dua formasi yang tidak sama, dan 6 lokasi dari penelitian terdahulu. Titik-titik lokasi sampel bisa diperhatikan pada Gambar 8. Sebelum pengujian, dilaksanakan preparasi terhadap sampel batuan, di mana setiap sampel memiliki diameter 4 cm dan panjang 8 cm. Penilaian kuat tekan dilakukan di ruang analisis guna memperoleh skor kuat tekan dari masing-masing sampel.

Merujuk pada hasil uji kuat tekan *uniaxial (Uniaxial Compressive Strength/UCS)* pada batulempung dari Formasi Balikpapan dan Formasi Kampungbaru, data yang diperoleh dipaparkan seperti:



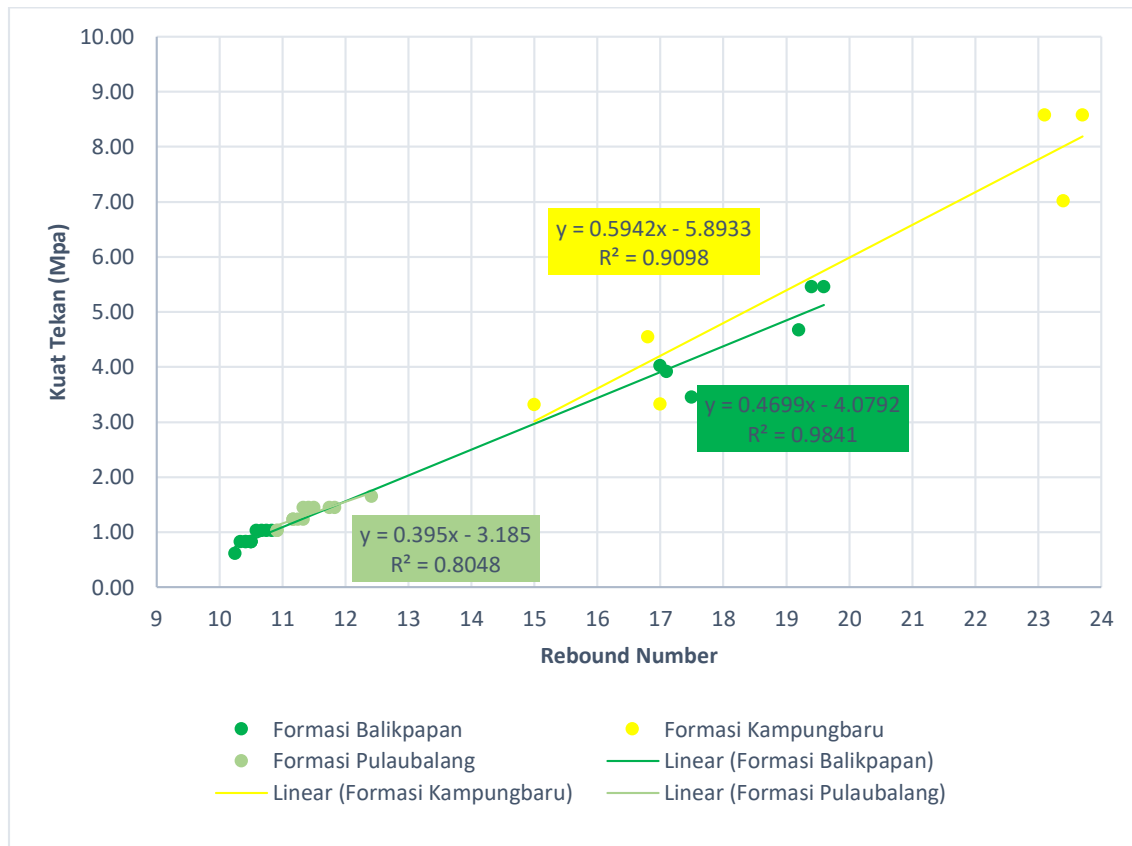
Gambar 9. Grafik Nilai UCS Formasi Balikpapan, Kampungbaru, dan Pulaubalang

Nilai kuat tekan terbesar pada Formasi Balikpapan tercatat sebesar 5,19 MPa, pada Formasi Kampungbaru nilainya mencapai 8,05 MPa, dan Formasi Pulaubalang mencapai 1,5 MPa. Berdasarkan grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa kekuatan batulempung pada Formasi Kampungbaru lebih kuat dibandingkan dengan Formasi Balikpapan dan Kampungbaru.

Korelasi UCS dan Rebound Number

Merujuk pada tabel 2, *output* uji *Uniaxial Compressive Strength (UCS)* dan *Rebound Number* pada batulempung dari Formasi Balikpapan, Kampungbaru, dan Pulaubalang, diterapkan analisis guna memahami kaitan antara kedua parameter tersebut. Strategi yang diterapkan yakni perhitungan koefisien korelasi dan koefisien determinasi, dengan variabel dependen (Y) berupa

UCS, serta *Rebound Number* sebagai variabel independen (X). Dengan demikian, *Rebound Number* sebagai variabel bebas (X) dianggap memengaruhi UCS sebagai variabel dependen (Y).



Gambar 10. Korelasi UCS dengan *Rebound Number* Batulempung Formasi Balikpapan, Kampungbaru, dan Pulaubalang

Tabel 3 Korelasi Model Summary Batulempung Formasi Balikpapan, Kampungbaru, dan Pulaubalang

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.985 ^a	0.970	0.969	0.39402

a. Predictors: (Constant), Rebound Number

Tabel 4. Korelasi *Coefficient* Batulempung Formasi Balikpapan, Kampungbaru, dan Pulaubalang

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		

1	(Constant)	-4.667	0.225		-20.725	0.000
	Rebound Number	0.522	0.016	0.985	33.117	0.000

a. Dependent Variable: Kuat Tekan

Merujuk pada Gambar 4, didapat kesimpulan yakni kaitan antara UCS dan *Rebound Number* pada Formasi Balikpapan dinyatakan dengan persamaan $y = 0,616x - 6.7777$, pada Formasi Kampungbaru dengan persamaan $y = 0,5942x - 5,8933$, dan pada Formasi Pulaubalang $y = 0,395x - 3,185$. Grafik menunjukkan hubungan positif antara nilai rebound Schmidt Hammer dan kuat tekan (UCS) pada Formasi Balikpapan, Kampungbaru, dan Pulaubalang. Formasi Balikpapan memiliki korelasi yang lebih kuat ($R^2 = 0,9841$) dibanding Formasi Kampungbaru ($R^2 = 0,9098$), dan Formasi Pulaubalang ($R^2 = 0,8048$). Slope (kemiringan) garis regresi pada Formasi Kampungbaru lebih tinggi, mengindikasikan bahwa setiap kenaikan nilai rebound memberikan peningkatan kuat tekan yang sedikit lebih besar dibandingkan Formasi Balikpapan.

Pada Tabel 3 dan 4, tergambar nilai koefisien korelasi yang dilambangkan dengan simbol R pada bagian model *summary*, serta nilai koefisien determinasi yang ditandai dengan simbol *R Square*, yang diperoleh melalui *software* SPSS. Koefisien korelasi yang diperoleh yakni 0,985, sehingga didapat kesimpulan yakni kaitan antara UCS dan *Rebound Number* tergolong sangat kuat. Sementara itu, skor koefisien determinasi yakni 0,970, menunjukkan yakni kaitan antara kedua variabel tersebut berada pada tingkat yang sangat kuat. Dengan kata lain, variabel X (*Rebound Number*) mampu menjelaskan pengaruh terhadap variabel Y (UCS) sebesar 97%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- Nilai kuat tekan yang dihasilkan pada Formasi Balikpapan lebih kecil dari nilai kuat tekan pada Formasi Kampungbaru, di mana nilai kuat tekan pada Formasi Balikpapan adalah 3,453 Mpa – 5,454 Mpa, sedangkan nilai kuat tekan pada Formasi Kampungbaru adalah 3,317 Mpa – 8,571 Mpa.
- *Rebound number* pada Formasi Balikpapan lebih kecil dari *rebound number* pada Formasi Kampungbaru, di mana *rebound number* pada Formasi Balikpapan adalah 17 – 19,6, sedangkan *rebound number* pada Formasi Kampungbaru adalah 15 – 23,7.
- Terdapat hubungan positif antara RN dan UCS. Semakin tinggi nilai RN, maka nilai UCS

semakin naik. Grafik ini sesuai dengan hasil regresi linear sebelumnya, yang menunjukkan koefisien positif (0,522).

Saran

Dari kesimpulan di atas maka penulis memberikan saran sebagai berikut.

- Sebaiknya untuk batuan yang tidak terlalu keras menggunakan alat *Schmidt hammer* tipe L
- Menggunakan pengujian kuat tekannya dengan bentuk sampel yang berbeda
- Penulis berharap jangan menggunakan sampel batulempung aja, sebaiknya menggunakan 2 jenis batuan atau lebih

DAFTAR REFERENSI

- Arif, I. (2016). *Mewujudkan produksi tambang yang berkelanjutan dengan menjaga kestabilan lereng* (hlm. 1–399).
- Aydin, A. (2008). ISRM suggested method for determination of the Schmidt hammer rebound hardness: Revised version. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*.
- Aydin, A., & Basu, A. (2005). The Schmidt hammer in rock material characterization. *Engineering Geology*, 81(1), 1–14.
- Fadhil, A. I., Al-Adly, A. I. F., & Fattah, M. Y. (2023). Estimation of uniaxial compressive and indirect tensile strengths of intact rock from Schmidt hammer rebound number. *Journal of the Mechanical Behavior of Materials*, 32, 1–9.
- Franklin, J. A. (1985, April). Suggested method for determining point load strength. In *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 22(2), 51–60. Pergamon.
- Goudie, A. S. (2006). The Schmidt hammer in geomorphological research. *Progress in Physical Geography*, 30(6), 703–718.
- Hasanah, N., Hakim, R. N., Santoso, E., & Melati, S. (2019). Alternatif penentuan uniaxial compressive strength batulempung dari point load strength index dan rebound number Schmidt Hammer. *Jurnal GEOSAPTA*, 5(2), 127–132.
- Hastono, P. (2001). *Analisis data*. Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.
- Hudson, J. A., & Harrison, J. P. (1997). *Engineering rock mechanics: An introduction to the principles*. Elsevier Science Ltd.
- Leba, E. P., Erong, F. N. O., Marasabes, Z., & Cahyono, Y. D. G. (2020). Analisis pengaruh kuat tekan batu andesit terhadap model dan arah rekahan. *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMITAN)*, 2(1), 417–421.

- Melati, S. (2019). Studi karakteristik relasi parameter sifat fisik dan kuat tekan uniaksial pada contoh batulempung, andesit, dan beton. (*Jenis dokumen tidak dicantumkan—harap lengkapi jika skripsi/tesis/laporan*)
- Muhhamad, F. (2021). Analisis pengaruh sifat fisik batuan terhadap kuat tekan batuan pada Formasi Balikpapan dan Pulaubalang daerah Samarinda Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal ISSN 1947 - TB1 – 20/21*, Teknik Pertambangan, Universitas Mulawarman.
- Nuryadi, N., Astuti, D., Utami, S., & Budiantara, M. B. (2017). *Dasar-dasar statistik penelitian*.
- Rai, M. A., Kramadibrata, S., & Wattimena, R. K. (2014). *Mekanika batuan*. Laboratorium Mekanika Batuan, ITB.
- Sam, B. (2014). *Principles of sedimentology and stratigraphy* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Saptono, S. (2020). Penentuan kekuatan jangka panjang massa batuan. Dalam *Sustainability (Switzerland)*, 11(1). LPPM UPN Veteran Yogyakarta.
- Simatupang, A. R. (2018). Korelasi nilai rebound Schmidt Hammer dengan nilai uniaxial compressive strength (UCS) Seam Batubara A2 dan C pada Pit 3 Timur Banko Barat, di PT. Bukit Asam, Tbk. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*, 1(1), 301–306.
- Sofanhadi. (2013). *Analisis tingkat risiko mitigasi rencana longsor sebagai upaya pengelolaan lingkungan pada daerah rawan gerakan tanah di Kecamatan Pekuncen Kabupaten Banyumas* [Tesis, Program Pascasarjana, Universitas Negeri Semarang].
- Supriatna, S., Sukardi, R., & Rustandi, E. (1995). *Peta geologi lembar Samarinda, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Wijaya, R. A. E., & Isnawan, D. (2015). Estimasi kekuatan batugamping dengan menggunakan Schmidt Hammer tipe L pada daerah prospek tambang kuari batugamping di Gunung Sudo Kabupaten Gunung Kidul Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *ReTII*.